

**PATENT APPLICATION**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Masaichi MIYANO et al.

Application No.: 10/720,440

Filed: November 25, 2003

Docket No.: 117842

For: ACTUATOR AND METHOD OF MAKING THE SAME



**CLAIM FOR PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country(ies) is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-345815 Filed November 28, 2002

Japanese Patent Application No. 2002-346476 Filed November 28, 2002

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications:

☒ are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these documents.

Respectfully submitted,

James A. Oliff

Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini

Registration No. 30,411

JAO:TJP/emt

Date: April 21, 2004

OLIFF & BERRIDGE, PLC  
P.O. Box 19928  
Alexandria, Virginia 22320  
Telephone: (703) 836-6400

DEPOSIT ACCOUNT USE  
AUTHORIZATION  
Please grant any extension  
necessary for entry;  
Charge any fee due to our  
Deposit Account No. 15-0461

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 1 月 2 8 日  
Date of Application:

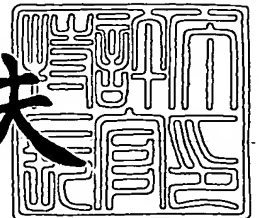
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 4 5 8 1 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 4 5 8 1 5 ]

出 願 人                      T D K 株 式 有 限 公 司  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 04604

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 41/09

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号ティーディーケー  
                                株式会社内

    【氏名】 宮野 雅一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号ティーディーケー  
                                株式会社内

    【氏名】 本間 光尚

【特許出願人】

    【識別番号】 000003067

    【氏名又は名称】 ティーディーケー株式会社

    【代表者】 澤 部 肇

【代理人】

    【識別番号】 100079290

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 村井 隆

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 068033

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アクチュエータ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 対のシリコンアーム部とそれらを連結した連結部とを一体に有するシリコン構造体と、各シリコンアーム部に接着される圧電素子とを備えたことを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 2】 前記圧電素子は方形板状であり、前記圧電素子の長手方向が前記シリコンアーム部の長手方向に沿うように前記シリコンアーム部の外側面に配置されている請求項 1 記載のアクチュエータ。

【請求項 3】 前記圧電素子が積層型圧電素子である請求項 1 記載のアクチュエータ。

【請求項 4】 シリコン基板の片面にエッチングによる多数の板状突起部を形成するエッチング工程と、

前記板状突起部を 1 対有するように前記シリコン基板を切断してブロックを形成する第 1 の切断工程と、

1 対の前記板状突起部の外側面に圧電素子長尺体をそれぞれ接着する圧電素子接着工程と、

前記圧電素子接着後のブロックから、1 対のシリコンアーム部を一体に有するシリコン構造体と各シリコンアーム部に接着された圧電素子とを具備する個々のアクチュエータを切り出す第 2 の切断工程とを備えることを特徴とするアクチュエータの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧電素子を接着したシリコン（Si）構造体のアーム変位を利用するアクチュエータ及びその製造方法に係り、とくに磁気記録装置における磁気ヘッドの高精度の位置制御等の用途に好適に使用できるアクチュエータ及びその製造方法に関する。

【0002】

**【従来の技術】**

近年、磁気記録においては、急速な勢いで記録密度の高度化が進んでいる。当然トラックピッチの幅も狭くして密度を上げることになるが、トラック位置に対する磁気ヘッド位置制御の精度を上げなければならない。しかし、VCM（ボイスコイルモータ）だけでのコントロールでは限界である。このため、VCMの粗いコントロールと微細なコントロールを行うアクチュエータが搭載された2段型サーボコントロール方式が提案されている。

**【0003】**

この分野に用いるアクチュエータとして、従来の下記の構成のものが知られている。

**【0004】****(1) ジルコニアフレームアクチュエータ**

ジルコニアシートの積層体に圧電素子を印刷法等により形成した後、焼成し、これを素子サイズに切り出す。この素子の長所、短所は以下のようになる。

**(長所)**

ジルコニアを使うことにより衝撃性は向上する。大型サイズのスライダーには適しているが、今後開発が予定されている小サイズスライダーにはここまでの靱性を必要とはしない。被PZT積層印刷、焼成基板としての必要性が優先する。

**(短所)**

- ① ジルコニア基板と圧電素子の焼成時の変形を抑える必要があり、安定な焼成が難しい。また、切断により不要部が発生する。
- ② ダウンサイズに不適である。加工性が良くないため今後予定されるスライダーの小型化の適用には加工精度で問題が残る。

**【0005】****(2) メタルフレームアクチュエータ**

ステンレス板をエッチング加工でスライダー搭載部、サスペンションへの固定部、圧電素子を貼り付ける駆動部を形成し、横向きコの字状に折り曲げる。垂直に立ち上がった2つの板の側面部に圧電素子を貼り付ける。

**(長所)**

小型化できる。エッチング加工のため小型化にある程度は対応できる。

(短所)

- ① ウエットエッチングのためサイドエッチングのコントロールが難しい。このため、フレームの加工精度で問題が残る。
- ② 量産性及びコストに問題がある。フレームの2つの側板に圧電素子を精度良く貼り付けるために、各フレーム毎に位置決めあるいは位置を認識させてから素子を貼り付けなければいけないため、量産性は上がりずコストは高くなる。一方、量産性を上げるためには専用の搭載機を開発しなければならず、多くの設備投資を必要とする。

#### 【0006】

(3) ロードビームタイプ

ヘッドを取り付けているサスペンションに八の字状に溝を入れ、この2本の溝を渡すように圧電素子を貼り付ける。この圧電素子を駆動することにより、先端のヘッドを円運動させる。

(長所)

- ① 取り付けが容易である。
- ② 構造が簡単である。
- ③ 低コストである。

(短所)

高速応答性が良くない。サスペンションを加工し、先端に重いスライダーを持つ構造であるため共振周波数が高く取れない。読み取り速度の高速化においては致命的な欠点である。

#### 【0007】

なお、金属板に圧電素子を貼り付けた構造を持つ圧電／電歪デバイスとして、下記特許文献1，2に記載のものがある。

#### 【0008】

【特許文献1】 特開2002-26411号公報

【特許文献2】 特開2002-289936号公報

#### 【0009】

この場合、金属板の切断、折り曲げ加工が必要であり、小型化への対応が難しい。

#### 【0 0 1 0】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記の点に鑑み、高精度な制御が可能であり、量産性に優れるため低いコストで製作可能なアクチュエータ及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0 0 1 1】

本発明のその他の目的や新規な特徴は後述の実施の形態において明らかにする。

#### 【0 0 1 2】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係るアクチュエータは、1対のシリコンアーム部とそれらを連結した連結部とを一体に有するシリコン構造体と、各シリコンアーム部に接着される圧電素子とを備えた構成としている。

#### 【0 0 1 3】

前記アクチュエータにおいて、前記圧電素子は方形板状であり、前記圧電素子の長手方向が前記シリコンアーム部の長手方向に沿うように前記シリコンアーム部の外側面に配置されるとよい。

#### 【0 0 1 4】

また、前記アクチュエータにおいて、前記圧電素子が積層型圧電素子であるといよい。

#### 【0 0 1 5】

本発明に係るアクチュエータの製造方法は、シリコン基板の片面にエッチングによる多数の板状突起部を形成するエッチング工程と、

前記板状突起部を1対有するように前記シリコン基板を切断してブロックを形成する第1の切断工程と、

1対の前記板状突起部の外側面に圧電素子長尺体をそれぞれ接着する圧電素子接着工程と、

前記圧電素子接着後のブロックから、1対のシリコンアーム部を一体に有するシリコン構造体と各シリコンアーム部に接着された圧電素子とを具備する個々のアクチュエータを切り出す第2の切断工程とを備えることを特徴としている。

#### 【0016】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るアクチュエータ及びその製造方法の実施の形態を図面に従って説明する。

#### 【0017】

図1乃至図3で本発明の第1の実施の形態を説明する。図1及び図2は完成状態のアクチュエータを、図3はその製造プロセスをそれぞれ示すものである。

#### 【0018】

これらの図において、1は単結晶シリコンをエッチング加工して得られる略コ字状シリコン構造体であり、1対のシリコンアーム部2とそれらを連結した連結部3とを一体に有している。

#### 【0019】

前記略コ字状シリコン構造体1は、単結晶シリコンのマイクロマシニング技術で加工したフレームを用いたものである。このシリコン構造体1に用いる単結晶シリコンは、HDD（ハードディスク駆動装置）の使用温度範囲では塑性変形せず弾性材料として優れており、またエッチング加工して表面に損傷を生じないようにすれば機械的強度も大きい。

#### 【0020】

前記シリコン構造体1の各シリコンアーム部2の外側面2a（連結部側の反対面）には、圧電素子10がエポキシ系、シリコン系、アクリル系等の接着剤で接着される。本実施の形態では1例として、圧電素子10が単板構造の場合の電極配置を示し、この場合、圧電素子10はPZT等の圧電セラミック素体の表裏面にそれぞれ電極11を有している。

#### 【0021】

この第1の実施の形態に示したアクチュエータは、圧電素子10の表裏の電極11間に電圧を印加し、つまり圧電素子10の厚み方向に電圧を印加することで



、その電歪効果によりシリコンアーム部2の先端を図1中の矢印X方向（2つのシリコンアーム部2の配置面内でシリコンアーム部長手方向に直交する向き）に変位させることができる。すなわち、2本のシリコンアーム部2は駆動アームとして機能する。

#### 【0022】

HDDサーボコントロール用アクチュエータとして使用する場合、図1のように駆動アームとしての2本のシリコンアーム部2の内側に磁気ヘッドのスライダ-SLが位置調整後接着され、さらに、それらは連結部3の部分にてサスペンション（VCMで駆動される部分）に接着固定される。

#### 【0023】

図3で図1及び図2に示したアクチュエータの製造方法を説明する。まず、図3（A）の単結晶シリコン基板20の片面に、同図（B）のエッチング工程にて多数の板状突起部21をエッチングにより形成する。板状突起部21は後工程で薄く切断することで駆動アームとして機能するシリコンアーム部2となる部分である。なお、この場合は、単結晶シリコン基板は不純物ドーピングにより抵抗率 $1\Omega\text{cm}$ 以下のものを用いる。

#### 【0024】

前記エッチングは、フォトリソでパターン形成後（110）シリコン基板のKOH、TMAH（テトラ・メチル・アンモニウム・ハイドロオキシド）等のアルカリ水溶液（エッチング液）を用いたウェットエッチングあるいはICP-RIE（誘導結合プラズマ・リアクティブ・イオン・エッチング）による $\text{SF}_6/\text{CF}_4$ を用いたドライエッチングを行う。なお、ウェットエッチングの場合は（110）面方位基板を用いるが、ドライエッチングの場合は特に限定されない。エッチングを途中で止めることによって前記シリコンアーム部2となる板状突起部21を形成する。その突出長はエッチング時間により制御できる。

#### 【0025】

次に、図3（C）の第1の切断工程において、多数の板状突起部21を有するエッチング後のシリコン基板を、板状突起部21を1対有するブロック30に切断する（隣接する素子のブロックを切り離す）。切断の方法は、ダイサー、スラ

イサー、ワイヤーソー、レーザーいずれの方法でも可能である。

#### 【0026】

それから、図3 (D) の圧電素子位置調整工程にて、前記ブロック30における1対の板状突起部21の外側面に対して、短冊状の圧電素子長尺体40 (切断されて圧電素子10となる) の装着位置を調整し (ブロック30の基準面に対して位置調整し)、正確に位置合わせする。その後、図3 (E) のように板状突起部21の外側面における所定の装着位置に圧電素子長尺体40をエポキシ系、シリコン系、アクリル系等の導電性接着剤を用いて接着一体化する。なお、圧電素子の分極方向は、同一方向でも相対する方向でもよい。

#### 【0027】

その後、図3 (F) の第2の切断工程にて個々の素子に切断分離し (スライスし)、つまり圧電素子10が略コ字状シリコン構造体1のシリコンアーム部2に接着されてなる個々のアクチュエータに切り離す。この場合も、切断の方法はダイサー、スライサー、ワイヤーソー、レーザーいずれの方法でもよい。

#### 【0028】

この第1の実施の形態によれば、次の通りの効果を得ることができる。

#### 【0029】

(1) シリコンを略コ字状構造体1の材料として使用しており、以下のように優れた特長を有する。つまり、シリコン構造体1に用いた単結晶シリコンはHDDの使用温度範囲では塑性変形せず弾性材料として優れており、またエッチング加工して表面に損傷を生じないようにすれば機械的強度も大きい。このことは、HDDサーボコントロール用アクチュエータとして十分使用に耐えることを意味する。

#### 【0030】

(2) シリコン構造体1は、シリコン単結晶基板をエッチングで加工することで作製できる。エッチング加工によれば、シリコン表面へのダメージがなく、強度低下が生じない。そのエッチング加工には、ウエットエッチングあるいはドライエッチングの2種類の方法を選択でき、いずれにおいても高精度な加工が可能である。例えば、フォトリジストでパターンを形成し、エッチングを行うことで

、高精度な構造体ができる。今後予想される図1のスライダーSLの小型化には問題なく対応が可能である。さらに、上記エッチングを用いるため、高アスペクト比の構造が可能で、繰り返し再現性の良い形状が作製可能であり、シリコンには塑性変形が無いことから制御性の高いアクチュエータが作製可能である。

#### 【0031】

(3) 製造過程において、図3のブロック30の板状突起部21（切断されてシリコンアーム部2となる）の外側面に対して、短冊状の圧電素子長尺体40（切断されて圧電素子10となる）を接着している。シリコン構造体1と圧電素子10の接着位置精度が必要となるが、圧電素子を長尺の短冊状態で取扱うため回転方向の調整が容易となり、治具レベルで位置調整、接着が可能となる。高価な素子搭載機は必要無い。そして、圧電素子を長尺の短冊状で接着し、その後、個々の圧電素子10に切断されるため、多くの工数を要する圧電素子調整、接着のコストが分散されるため低コストとなる。

#### 【0032】

図4は本発明の第2の実施の形態であって、単板型の代わりに積層型の圧電素子50をシリコンアーム部2に接着一体化したアクチュエータの例を示す。この場合、圧電セラミック素体51を、その両側に内部電極52A、52Bが位置するように積層し、積層体の一方の端面に内部電極52Aに接続した外部電極53Aを、他方の端面に内部電極52Bに接続した外部電極53Bを形成して積層型の圧電素子50としている。なお、この場合は、高抵抗のシリコン基板を使用する。

#### 【0033】

なお、その他の構成は前述した第1の実施の形態と同様であり、同一又は相当部分に同一符号を付して説明を省略する。また、製造方法も短冊状の圧電素子長尺体として圧電素体を内部電極と共に積層し、外部電極を積層体両端面に形成したものをを用いれば、第1の実施の形態と同様にして作製可能である。

#### 【0034】

この第2の実施の形態の場合、駆動用の圧電素子として積層型圧電素子50を用いており、シリコンアーム部2先端位置での変位量を大きくすることができる

。その他の作用効果は前述した第1の実施の形態と同様である。

#### 【0035】

なお、各実施の形態では、圧電素子として単板型と積層型を例示したが、バイモルフ型のものであってもよい。

#### 【0036】

以上本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明はこれに限定されることなく請求項の記載の範囲内において各種の変形、変更が可能なことは当業者には自明であろう。

#### 【0037】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、高精度な制御が可能であり、量産性に優れるため低いコストで製作可能なHDDサーボコントロール用等に好適なアクチュエータを実現できる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明に係るアクチュエータの第1の実施の形態を示す斜視図である。

##### 【図2】

同分解斜視図である。

##### 【図3】

前記アクチュエータの製造方法を示す説明図である。

##### 【図4】

本発明に係るアクチュエータの第2の実施の形態を示す斜視図である。

##### 【符号の説明】

- 1 シリコン構造体
- 2 シリコンアーム部
- 3 連結部
- 10, 50 圧電素子
- 11, 52A, 52B, 53A, 53B 電極
- 20 シリコン基板

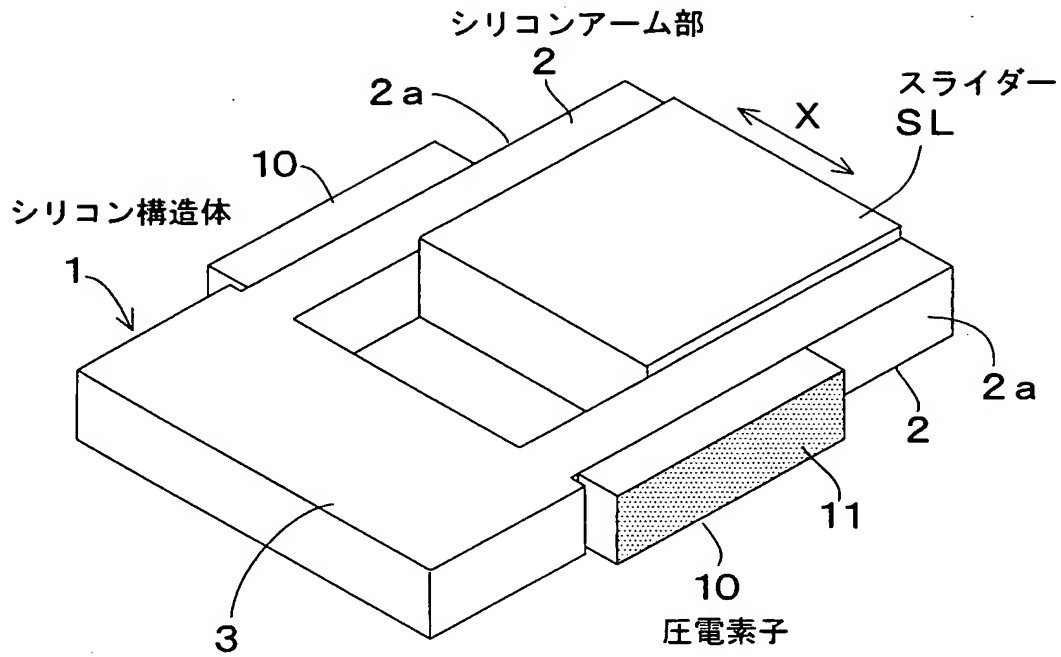
2 1 板状突起部

3 0 ブロック

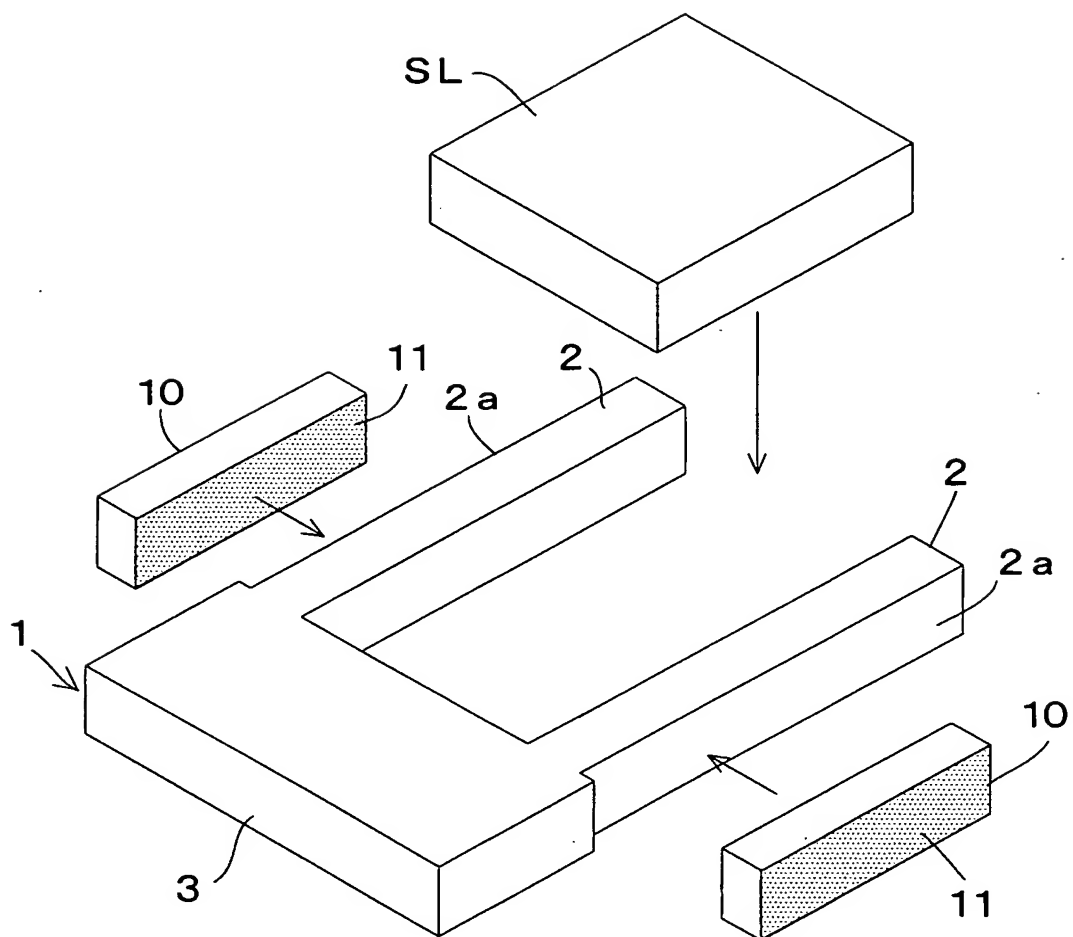
4 0 圧電素子長尺体

【書類名】 図面

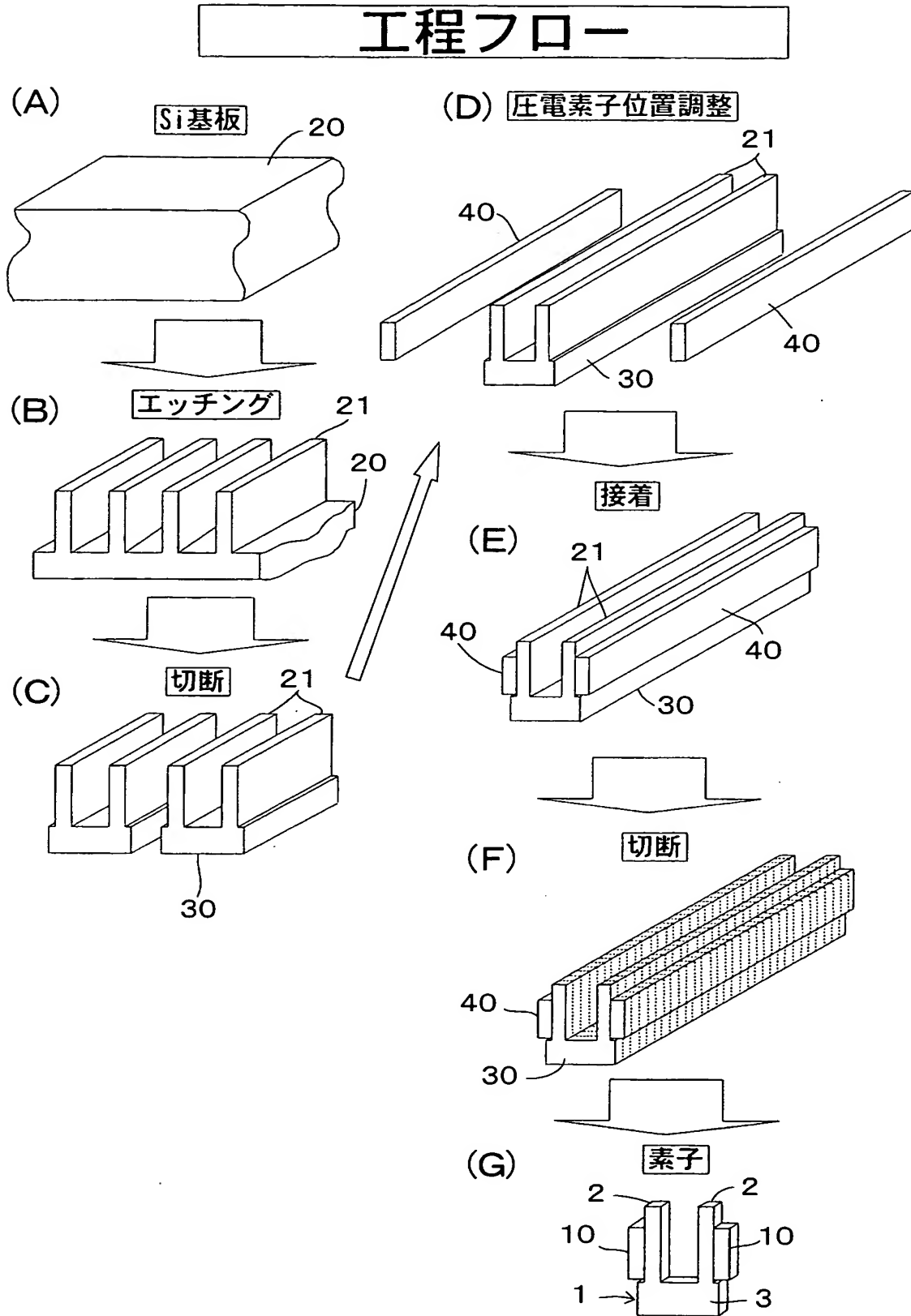
【図 1】



【図 2】

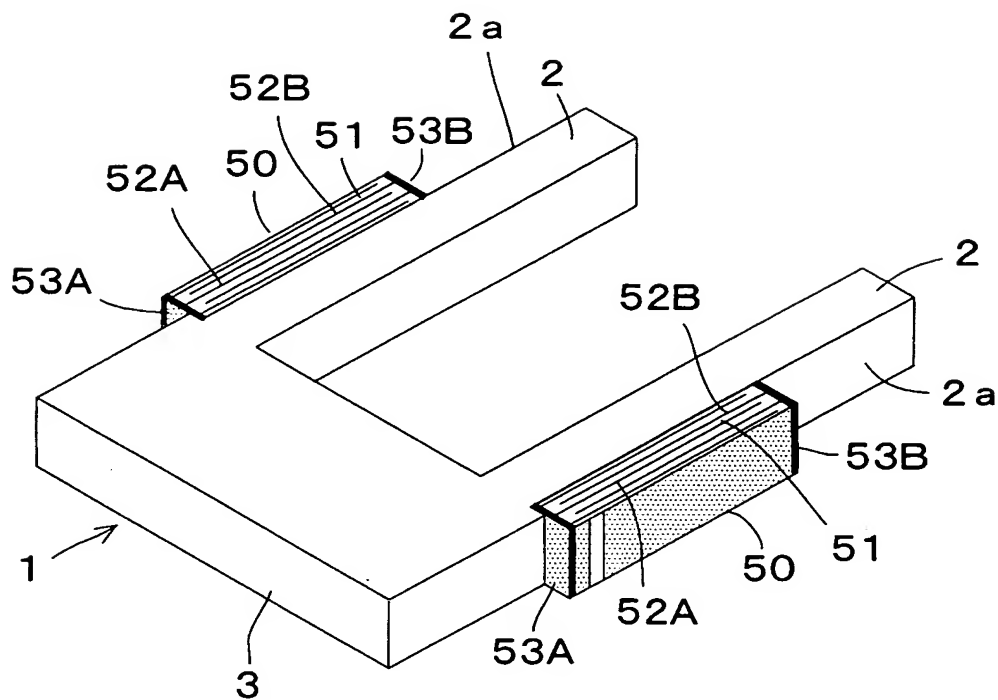


【図3】





【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度な制御が可能で、量産性に優れるため低いコストで製作可能なアクチュエータを実現する

【解決手段】 1対のシリコンアーム部2とそれらを連結した連結部3とを一体に有するシリコン構造体1と、各シリコンアーム部2に接着される圧電素子10とを備えている。前記圧電素子10は方形板状であり、圧電素子10の長手方向が前記シリコンアーム部2の長手方向に沿うようにシリコンアーム部2の外側面に配置されている。圧電素子10は単板、バイモルフ、積層型のいずれであってもよい。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 4 5 8 1 5
受付番号	5 0 2 0 1 8 0 2 7 2 3
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 4 年 1 1 月 2 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年11月28日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 2 - 3 4 5 8 1 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 0 6 7 ]

1. 変更年月日            1 9 9 0 年    8 月 3 0 日  
    [変更理由]            新規登録  
        住 所            東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号  
        氏 名            ティーディーケイ株式会社
  
2. 変更年月日            2 0 0 3 年    6 月 2 7 日  
    [変更理由]            名称変更  
        住 所            東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号  
        氏 名            T D K 株式会社